

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Návrh postupového lisovacího nástroje součásti z plechu

Design of Progressive Die for Sheet Metal Parts

Student: Oldřich Pokorný

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Oldřich Pokorný**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Specializace: 70 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh postupového lisovacího nástroje součásti z plechu**
Design of Progressiv Die for Sheet Metal Parts

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor technologie postupového lisování plechových dílů.
2. Konstrukce technologický návrh výroby postupového nástroje.
3. Analýza a odzkoušení navrženého lisovacího nástroje.
4. Technicko ekonomické zhodnocení navržené konstrukce.

Seznam doporučené odborné literatury:

BAREŠ aj. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971, 544 s.

Qform. Uživatelská příručka. Moskva: Quantor Ltd., 2000.

KOTOUČ, J. *Nástroje pro tváření za studena*. Praha: CVUT, 1978, 158 s.

HRUBÝ, J. – PETRUŽELKA, J. *Výpočetní metody ve tváření*. 1.vyd. Ostrava, VŠB – Technická univerzita 2002. 173 s.

MIELNIK, E.M. *Metalworking Science and Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1991

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

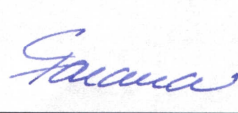
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry

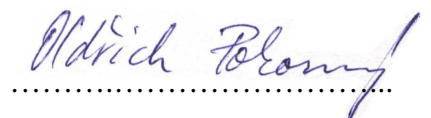



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23.5.2011.



Oldřich Pokorný

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě : 23.5.2011



Oldřich Pokorný

Oldřich Pokorný

Jiřího z Poděbrad 16

787 01, Šumperk

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

POKORNÝ, O. *Návrh postupového lisovacího nástroje součásti z plechu*. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, 45 s. Bakalářská práce, vedoucí Hrubý, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem postupového lisovacího nástroje součásti z plechu, jeho odzkoušením a technicko-ekonomickým zhodnocením. V první části je popsána technologie tvářecích nástrojů a jednotlivé operace jako stříhání, tažení a ohýbání. Dále jsou zde popsány jednotlivé části a prvky, ze kterých se postupové nástroje skládají. Druhá část je zaměřena na konstrukci zadaného nástroje a popsání jednotlivých kroků lisování. Postupový nástroj byl od začátku navržen jako 12-ti krokový a musel splňovat požadavky zadané odběratelem. Na základě výsledků z měření jsou popsány nutné úpravy nástroje. Součástí práce je také zhotovení ekonomického zhodnocení. V závěru pojednávám o možnosti investice do nového CAD/CAM systému, který v práci zmiňuji a doporučuji.

ANNOTATION OF THESIS

POKORNÝ, O. *Design of Progressive Die for Sheet Metal Parts*. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB - Technical University of Ostrava, 2011, 45 p. Thesis, head Hrubý, J.

The Thesis is dealing with the design of progressive die for sheet metal parts, its testing and technical and economic evaluation. The first section describes the technology of forming tools and various operations such as cutting, drawing and bending. It further describes the various components and elements of which consist the progressive dies. The second part focuses on the construction and describe each step of the pressing. The progressive die was designed from the start as a 12-step tool and had to meet specific customer requirements. Based on the results of the measurement are described the necessary adjustments of the tool. The work also includes economic evaluation. In conclusion, I suggest the possibility of investing to a new CAD/CAM system, which I mention and recommend in the thesis.

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. HISTORIE FIRMY KARSIT HOLDING s.r.o.	9
3. TECHNOLOGIE TVÁŘECÍCH NÁSTROJŮ	10
3.1 Základní faktory ovlivňující tváření	10
3.2 Tváření za studena	11
3.3 Mazivo	11
3.4 Plošné tváření za studena	11
4. ZÁKLADNÍ OPERACE	12
4.1 Tažení	12
4.2 Stříhání	13
4.3 Ohýbání	14
4.3.1 Deformace průřezu	14
4.3.2 Odpružení	14
4.3.3 Praskání materiálu	15
5. POSTUPOVÝ NÁSTROJ	16
5.1 Zadané požadavky	16
5.1.1 Specifikace lisu BALCONI 160T	16
5.1.2 Specifikace lisu BALCONI 250T	17
5.1.3 Specifikace lisu PYE 250T	17
5.2 Polotovar	18
5.3 Posuv materiálu	19
5.4 Dorazy k omezení posuvu materiálu	19
5.5 Střížníky	19
5.6 Střížnice	20
5.6.1 Celková životnost	20
5.6.2 Dílčí životnost	20
5.7 Desky	20
5.8 Vodící lišty	20
5.9 Vodící pouzdra	21
5.10 Vodící čepy	21
5.11 Upínací čepy	21
5.12 Hledáčky	21
5.13 Pružiny	21
5.14 Nástřihový plán	22
5.14.1 Výpočet využití materiálu	23
6. OPERACE V POSTUPOVÉM NÁSTROJI	24
6.1 Krok 1 – Děrování a značení	24
6.2 Krok 2 – Střih 1	25

6.3	Krok 3 – Střih 2	26
6.4	Krok 4 – Střih můstku.....	26
6.5	Krok 5 – Ohyb můstku a značení součásti.....	27
6.6	Krok 6 – Volná pozice	27
6.7	Krok 7 – Tah 1	28
6.8	Krok 8 – Volná pozice	28
6.9	Krok 9 – Tah2	29
6.10	Krok 10 – Volná pozice	29
6.11	Krok 11 – Děrování klínem	30
6.12	Krok 12 – Separace výlisku	30
7.	POUŽITÉ MATERIÁLY	31
7.1	Nástrojová ocel - 1.2379	31
7.2	Nástrojová ocel - 19 312	32
7.3	Nástrojová ocel - 1.2312	32
7.4	Konstrukční ocel - 11 523.....	32
7.5	Konstrukční ocel - 11 600.....	33
7.6	Konstrukční ocel - 11 373.....	33
8.	ZKUŠEBNÍ TEST NÁSTROJE	34
8.1	Výsledek zkoušky a měření	34
9.	ČASOVÝ HARMONOGRAM	35
10.	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	36
11.	DOPORUČENÝ SOFTWARE	38
11.1	Cimatron E.....	38
12.	ZÁVĚR	40
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	41
	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	41
	LITERATURA	42
	SEZNAM PŘÍLOH	43

1. ÚVOD

Postupové lisovací nástroje jsou v dnešní době velmi důležitou součástí mnoha výrobních linek, převážně větších tuzemských i zahraničních firem a na jejich výrobu jsou kladeny vysoké požadavky z hlediska dlouhé životnosti a co nejnižší pořizovací ceny. Proto je nutné nástroj co nejlépe optimalizovat a to včetně nástřihového plánu, u kterého se klade za cíl, co nejhospodárnější umístění výstřižků, aby byl výsledný odpad co nejmenší. Odpad materiálu tvoří až 60% nákladů na výrobu. Při návrhu je však nutné dodržovat technologická kritéria, která plán i nástroj musí splňovat. Celková výroba od zadání poptávky, přes konstrukčně technologický návrh, až po jeho výrobu, je velmi zdoluhavý a nákladný proces, který vyžaduje vysoké znalosti z oblasti tváření, konstruování, obrábění a znalosti z dalších technických a ekonomických oborů. Na výrobu tvářecích nástrojů existuje jen velmi malé množství odborné literatury, což spolu s náročností konstrukce, řadí tento strojírenský obor mezi jeden z nejtěžších.

Výroba tvářecích nástrojů, včetně postupových, je velmi specifický technologický obor, kde se často firmy spoléhají na zkušenosti starších konstruktérů s dlouholetou praxí a praktickými zkušenostmi. Své konstruktéry si v podstatě dlouhodobě vychovávají. Ve firmě KARSIT Postřelmov, kde jsem zpracoval tuto práci, většinou před výrobou nástroje neprovádí žádné simulace či analýzy (kromě draze koupených v případě nutnosti) a spoléhají se výhradně na analytické propočty a zkušenosti svých pracovníků. Ti mají ve firmě volnou ruku a mohou si dovolit díky svým dlouholetým zkušenostem konstruovat nástroje podle svého citu.

Tato práce se zabývá konstrukčně technologickým návrhem nástroje, časovým harmonogramem a technicko-ekonomickým zhodnocením. Jako podstatnou nevýhodu však ve firmě vidím již zmíněnou absenci jakéhokoliv CAD/CAM systému s možností provedení simulace pro vyvíjený nástroj. V této práci proto rozebírám a doporučuji program, který by byl pro firmu přínosem. V případě, že by se nástroj vyrobil a při ostrém testu v chodu by se přišlo na to, že je v nástroji chyba, tak se mohou finanční náklady na opravu nástroje pohybovat v řádech stovek tisíc korun.

2. HISTORIE FIRMY KARSIT HOLDING S.R.O.

- Historie této firmy sahá až do roku 1992, kdy byla založena pod názvem Karsit, spol. s r.o. Roku 1994 došlo k odkoupení závodu Karosa Jaroměř od FNM a ještě téhož roku byla zahájena výroba komponentů pro vozy Škoda Felicia. Realizovala se také výstavba kataforézní lakovny EISENMANN a byl proveden dodavatelský audit firmy Johnson Controls s výsledkem A.
- V roce 1996 došlo k založení společnosti Karsped, spol. s r.o. a došlo také k auditu Q systému Škoda – VW s výsledkem A, certifikaci Q systému podle ISO 9002 a k odkoupení podniku Akord a.s., Dvůr Králové n/L.
- Roku 1997 se realizovalo odkoupení další společnosti, a to firmy Autometal s.p.
- V roce 1998 se vývojová pracoviště vybavily kvalitními CAD systémy PRO/Engineer a Catia.
- V roce 1999 získala firma certifikáty QS 9000, VDA 6.1 a ISO 9001. Mimo jiné také byla zahájena výroba zahradních traktorů a byla založena firma Joint – venture společně s firmou Arvin Meritor Exhaust Ltd.
- Rok 2001 přinesl investice do výstavby nové těžké lisovny a odkoupení nářad'ovny MEP Postřelmov a.s. V témže roce byla založena a.s. Karsit – Finance a získal se certifikát ISO 14000
- V roce 2002 se začalo vyrábět v závodě Karsit Lisovny
- Posledním velkým krokem bylo založení divize auto v roce 2003.
- Specializací nástrojárny v Postřelmově jsou lisovací nástroje na tváření plechů (nástroje postupové, kombinované, jednotlivé nástroje na vytínání, ražení, ohýbání, tvarování a protlačování). Dále se zde vyvíjí a vyrábí lisovací a vstřikovací formy na termoplasty a termosety, vstřikovací formy na Al a Zn slitiny, kovové formy na gravitační lití Al a další široký sortiment přípravků.

3. TECHNOLOGIE TVÁŘECÍCH NÁSTROJŮ

U postupových tvářecích nástrojů se jedná o technologii tváření za studena, za působení vnějších tlaků na materiál, která způsobují buď lisy, nebo jiná zařízení vyvíjející tlak. Nejčastějším polotovarem jsou plechové pásy, přístřihy nebo svitky. Vhodného využití tvářecích nástrojů dochází při nasazení v automatizované výrobě, při které dosahují velmi vysoké produktivity práce. Lidé u takto automatizovaných systémů slouží pouze jako dozor, podavač polotovarů či odběratel již hotových výlisků. [1]

Pro maximální využití výhod lisování za studena je potřeba úzké spolupráce mezi konstruktérem a technologem, kteří spolu dokážou vyrobit optimální tvar součásti tak, aby se respektovaly všechny technické požadavky na nástroj a zároveň byl nástroj navržen co nejehospodárněji. Hlavní přednosti spolupráce se však projeví teprve ve velkosériové výrobě. [1]

Při tvorbě technologického postupu je dobré brát z hlediska lisování ohledy také na návazné technologie, jako jsou: [1]

- povrchové úpravy
- tepelné zpracování
- montáž
- a další

3.1 Základní faktory ovlivňující tváření

Mezi hlavní faktory ovlivňující tváření můžeme zařadit tření na stykových plochách nástroje a materiálu, teplotu deformovaného materiálu, vliv rychlosti deformace a setrvačných sil. Všechny tyto popsané faktory je potřeba zohledňovat pro správnou konstrukci tvářecího nástroje.

3.2 Tváření za studena

U postupových lisovacích nástrojů se jedná o proces tváření za studena. Jde o tváření pod rekrytalizační teplotou $0,4 T_t$, většinou u teplot nižších než $0,2 - 0,3 T_t$. Při tomto technologickém postupu dochází ke zpevňování materiálu a zrna se deformují ve směru tváření. Dochází ke zvýšení pevnosti a tvrdosti materiálu, ale úměrně se snižuje plasticita a houževnatost. Při tváření za studena dochází k největšímu zpevnění materiálu na začátku deformace, což je zhruba do 30-40%.

Výhodou tohoto typu tváření je vysoká přesnost rozměrů, kvalitní povrch a zlepšování vlastností materiálu zpevněním.

Nevýhodou je nutnost používat velké tvářecí síly. Během tvářecího procesu dochází také k nerovnoměrnému zpevňování materiálu a dochází k omezené tvárnosti.

3.3 Mazivo

Velmi důležitou složkou při plošném tváření za studena je použití vhodného inteligentního maziva odolávajícímu enormním plošným tlakům, vznikajících mezi nástrojem a obrobkem. Volba vhodného maziva zabraňuje předčasnému opotřebení, zadírání nebo dokonce zlomení nástroje. [2]

3.4 Plošné tváření za studena

U postupových lisovacích nástrojů se převážně používá právě technologie plošného tváření za studena. U této technologie totiž dosáhneme požadovaného tvaru součásti, bez větší změny tloušťky nebo průřezu materiálu. Na rozdíl od objemového tváření za studena zde nedochází ke změně mechanických vlastností materiálu. Mezi základní operace můžeme řadit stříhání, ohýbání a tažení.

4. ZÁKLADNÍ OPERACE

Postupové nástroje mohou a nemusí obsahovat všechny níže popsané postupy. Vždy jde o co nejoptimálnější volbu takových kroků, aby bylo dosaženo tíženého výsledku s ohledem na ekonomickou stránku výroby nástroje.

4.1 Tažení

Jedná se o důležitou část tvářecích procesů u postupových nástrojů.. V případě, že výlisek má komplikovaný prostorový tvar, je nutné zvolit správný postup tažení.

Základní dělení tažení:

- Tažení mělké a hluboké
- Tažení s a bez ztenčení stěny
- Tažení rotačních a nerotačních tvarů
- Tažení nepravidelných tvarů

Rozdělení tažení podle zpracování polotovárů:

- Prosté tažení
- Tažení se ztenčením stěny
- Zpětné tažení
- Žlábkování
- Rozšiřování a lemování
- Zužování
- Přetahování
- Napínání
- Speciální způsoby




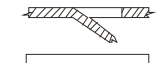


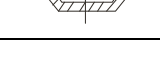


Princip tažení spočívá v zatlačování tažníku do tažnice. V tomto případě je nutné při návrhu nástroje počítat s tím, že se tažná hrana, přes kterou se plech posunuje, opotřebuje nejrychleji.

4.2 Stříhání

Za jednu z nejrozšířenějších operací v plošném tváření můžeme považovat stříhání, u kterého dochází k oddělování části materiálu pomocí protilehlých střížných hran za působení smykového napětí ve střížné rovině. Tato operace nachází využití jak pro vystřihování finálních součástek z plechu, tak pro přípravu výrobků na další operace jako jsou (ohýbání, protlačování a tažení), nebo na dokončovací operace. [3]

U střížných operací je důležité si uvědomit, že pokud bude vystřihovaná součást v některém z dalších kroků ohýbána, nesmí být v rozvinutém tvaru hrana otvoru blíže než 1,5 násobek tloušťky, kterou má materiál od osy poloměru ohybu. [4]

Tab. 1 Základní druhy střížných operací

číslo	schéma operace	název operace	popis operace
1		Prosté stříhání	Rozdělování materiálu nebo polotovarů na části
2		Vystřihování	Vystřížení tvaru z materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřižená část tvoří výstřižek.
3		Děrování	Prostřížení otvoru v materiálu anebo polotovaru. Vystřižená část tvoří odpad.
4		Prostřihování	Částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce.
5		Prosekávání	Postupné prosekávání vnějších tvarů a otvorů v materiálu.
6		Ostřihování	Oddělení nerovného okraje nebo přebytečného materiálu plochých nebo dutých součástí
7		Přistřihování	Dosažení přesných rozměrů součástí, hladkého a kolmého povrchu stříhu. Dosáhne se odstraněním přídatku materiálu.
8		Vysekávání	Oddělování součástí z nekovových materiálů podél uzavřené křivky na podložce.
9		Přesné stříhání	Výroba přesných součástí s hladkou střížnou plochou.

4.3 Ohýbání

U postupových nástrojů, které vyrábí složité konstrukční výlisky, je tato operace plošného tváření nezbytná. Jde o proces, při kterém v materiálu dochází k trvalé deformaci za působení vnějších sil. Nástroj se nazývá ohýbadlo, jehož hlavní částí je ohybník a ohybnice. Výsledný výrobek se u ohýbání nazývá výlisek.

Při této operaci může docházet k technologickým problémům jako deformace průřezu, odpružení či k praskání materiálu.

4.3.1 Deformace průřezu

Tento jev nastává při ohybu materiálu. V podstatě jde o to, že vrstvy kovu na vnitřní straně ohybu jsou stlačovány, což má za následek roztahování v příčném směru a na vnější straně ohybu jsou prodlužovány, což má za následek zkracování v příčném směru. [4]

4.3.2 Odpružení

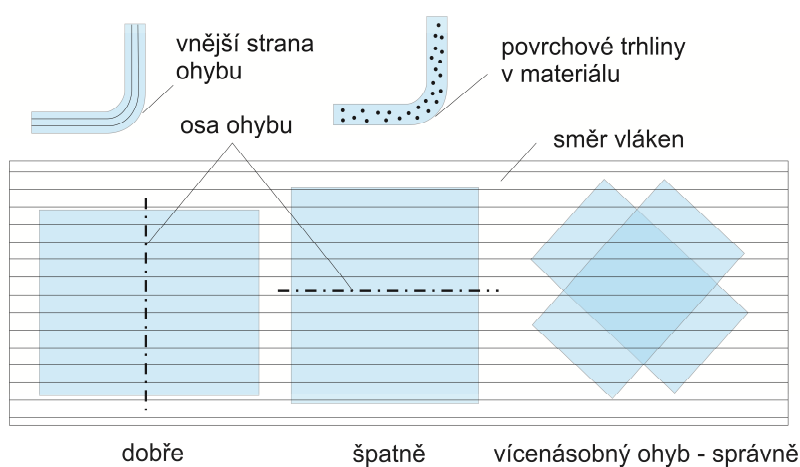
Jedná se o nechtěný jev, který vzniká po pomnutí vnějších sil na deformované těleso. V tom případě se ohýbané těleso vrátí částečně do svého původního tvaru. Toto zpětné odpružení je nazýváno jako úhlová odchylka γ . Z toho můžeme usoudit, že čím větší je délka ohýbaných ramen, tím větší má odchylka význam a je nutno s ní při návrhu nástroje počítat. Zpětné odpružení vzniká kvůli pružné deformaci, která se vyskytuje kolem neutrální osy. Velikost tohoto odpružení bývá v rozmezí 3-15°.

Opatření pro zamezení zpětného odpružení:

- Nástroj se navrhne již s korekcí o úhel γ , který se buď vypočítá, nebo odečte z tabulek.
- Další možností je kalibrace, což provedeme zvětšením lisovací síly na konci lisovacího cyklu.
- Na výlisku se použijí prolisy, které zpětné odpružení téměř úplně eliminuje.

4.3.3 Praskání materiálu

Neboli vznik trhlin na vnější straně ohybu. Takové trhliny mohou vzniknout překročením kritické hodnoty poloměru ohybu, stavem materiálu nebo průběhem vláken. Vliv směru vláken má na kvalitu ohýbání podstatný vliv. Již při tvorbě nástřihového plánu by se měly respektovat technologické požadavky tvářecích operací. Pro zamezení praskání materiálu by osa ohybu měla být kolmo na směr vláken (minimálně však 30°). Pokud je výlisek ohýbán vícekrát, měl by se v rozvinutém tvaru na pás umístit tak, aby osa ohybu byla vůči vláknům pootočena o 45° . [4]



Obr. 1 Směr vláken v materiálu. na osu ohybu

5. POSTUPOVÝ NÁSTROJ

Jedná se o velmi sofistikované zařízení, využívané především ve velkosériové výrobě z důvodu počáteční finanční nákladnosti při výrobě. Tyto nástroje bývají schopny pracovat plně automatizovaně v součinnosti s automatickým lisem a mají velmi vysokou pracovní frekvenci. Princip činnosti spočívá v několika zakomponovaných operacích (stíhání, ohyb, děrování, kalibrování...) do jednoho nástroje, přičemž jím prochází pásový materiál, posouvající se stále jedním směrem, vždy o jeden pracovní krok až k zadnímu dorazu. Při posuvu materiálu je velmi důležité, aby se posunoval přesně a stejnoměrně, protože každá nepřesnost je v konečném důsledku nežádoucí. Opotřeбенé díly nástrojů se musí dát snadno vyměnit.

5.1 Zadané požadavky

Postupový nástroj bylo potřeba navrhnout tak, aby jej bylo možné upnout do obou zadaných lisů. Hlavní výrobní lis byl určen BALCONI 160T a jako náhradní BALCONI 250T. Lis, na kterém probíhaly zkoušky ve firmě KARSIT Postřelmov byl PYE 250T. Nástroj musí respektovat rozměry lisu a musí být umožněno propadnutí výlisku v díře stolu u lisů 160T i 250T. Nástroj bude nasazen v automobilovém výrobním závodě a bude vyrábět v třísměnném pracovním provozu. Z tohoto důvodu byly kladeny požadavky na kvalitu nástroje, aby nedocházelo k jeho rychlému opotřebení. Zároveň byl navržen tak, aby případná oprava nástroje byla snadná.

5.1.1 Specifikace lisu BALCONI 160T

Lisovací síla:	160 t
Zdvih:	120 mm
Rozměry stolu:	1500 × 1000 mm
Pracovní cyklus:	35 / 105 úderů / min
Výkon motoru:	30 kW
Hmotnost lisu:	32000 kg

5.1.2 Specifikace lisu BALCONI 250T

Lisovací síla: **250 t**
Zdvih: **160 mm**
Rozměry stolu: **2000 × 1100 mm**
Pracovní cyklus: **30 / 90 úderů / min**
Výkon motoru: **45 kW**
Hmotnost lisu: **54000 kg**

5.1.3 Specifikace lisu PYE 250T

Lisovací síla: **250 t**
Rozměry stolu: **900 × 630 mm**



Obr. 2 Lis PYE 250T

5.2 Polotovar

Zadané součásti se budou vyrábět ze svitků žárově pozinkované oceli AluSi. [6]

Jedná se o měkkou ocel určenou k tváření za studena.

Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli

Značka oceli	Mechanické vlastnosti		
	Mez skluzu – Re min. / max.	Mez pevnosti – Rm min. / max.	Tažnost - A80 min. %
DX54D+Z	140 - 220	270 - 380	30

Tab. 3 Složení oceli

Složení	
Hliník (Al)	Křemík (Si)
55%	1,60%



Obr. 3 Návin pásu plechu

5.3 Posuv materiálu

V dnešní době, kdy je na výrobce kladen nátlak ohledně snížení výrobní ceny na minimum, se musí výrobci snažit o zvýšení produkce na co nejvyšší možnou úroveň. Z tohoto důvodu se dnes u postupových nástrojů používá nejčastěji posuv polotovaru automatický, který zajišťuje velmi přesné vedení materiálu nástrojem a oproti posuvu ručnímu dokáže několikanásobně zvýšit produkci.

Systémy automatického posuvu můžeme rozdělit:

- a) Posunovací zařízení upevněné přímo na lisu a ovládané klikou lisu
- b) Posunovací zařízení ovládané klíny, kterého se může používat u lisu nebo u nástroje.
- c) Posunovací zařízení ovládané nezávisle na lisu zvláštním motorem.

5.4 Dorazy k omezení posuvu materiálu

Tato část postupových nástrojů je velmi důležitá. V případě, že by materiál nebyl posunut na přesně danou pozici, tak by mohlo dojít k poškození nástroje nebo zaseknutí součásti v některé z jeho pozic. Dorazy řídí posuv materiálu vždy o jeden krok. Během zvednutí beranu se materiál nadzvedne a posune tak, aby se můstek odpadu opřel o doraz. Nejčastěji se používají následující typy dorazů:

- a) Postranní nože – zajišťují přesné podélné vedení posunovaného materiálu
- b) Kalibrační kolíky – nutné do materiálu vyseknout kalibrační otvory

V postupovém nástroji jsou dorazy umístěny buď ve střižnici nebo ve vodící desce.

5.5 Střižníky

Střižníky se vyrábí z nástrojových ocelí a jejich tvar je spjat s tvarem výstřižku. Jsou na ně kladeny důrazy z hlediska tuhosti a kolmého upevnění v nástroji. Nejčastější využití nachází u střižných nástrojů.

Správně zvolený střižník by měl splňovat následující kritéria:

- a) Kolmé upevnění
- b) Tuhost
- c) Odolnost proti bočním a stíracím silám
- d) Neotupené ostří

Obvykle bývají vyrobeny z nástrojové oceli.

5.6 Střížnice

Bývají často tou nejnákladnější položkou celého nástroje. Jsou na ně kladeny velmi vysoké požadavky z důvodu mechanické odolnosti, kdy musí střížnice vydržet i miliony vyrobených kus. Střížný otvor proto musí být vypracován co nejpřesněji. Z hlediska životnosti dělíme u nástrojů na životnost celkovou a dílčí.

5.6.1 Celková životnost

Celkovou životnost udává doba životnosti nástroje v závislosti na počtu maximálního možného počtu vyrobených výstřižků. Celková životnost střížnice je proto doba, za kterou již nebude schopna vyrábět výlisky požadované kvality a nepůjde již ani přebrousit. S tímto je úzce spjata také životnost celého postupového nástroje.

5.6.2 Dílčí životnost

Udává dobu, jakou je střížnice schopna produkce, se zachováním určité kvality v době od posledního předbroušení střížné hrany. Bývají konstruovány tak, aby se daly střížné hrany přebrousit až 25x.

5.7 Desky

Součástí nástrojů je celá řada desek, které se dělí podle funkcí:

- a) Základová
- b) Opěrná
- c) Deska střížnic
- d) Upínací
- e) Vodící
- f) Kotevní

5.8 Vodící lišty

Vodící lišty bývají pevně spjaty s nástrojem a zastávají funkci pro správný posuv pásu nástrojem. Některé vodící lišty mají za úkol pás také nadzvedávat v případě, že se jedná o ohýb a plech by ulpěl na tažnici. V nejčastějším případě jsou výrobky nadzvednuty pomocí pružinových mechanismů.

5.9 Vodící pouzdra

Mají za úkol vést vodící čep. Všechny funkční rozměry v postupovém nástroji jsou pevně spjaty s vodícím čepem, a proto musí být vedený velmi přesně. Můžeme se setkat s případy, že jsou vodící čepy mazány. V takovém případě v sobě mají zápich, který je naplněn mazivem.

5.10 Vodící čepy

Obstarávají přesné vedení horní části nástroje k dolní a naopak. Jedná se také o velmi důležitý proces, který vyžaduje přesné vedení, aby nedocházelo ke kolizím nástrojů a jejich rychlému opotřebení nebo dokonce zničení.

5.11 Upínací čepy

Jedná se většinou o normalizované části, pomocí kterých je nástroj připevněn k lisu nebo k jinému stroji.

5.12 Hledáčky

Velmi důležitá část nástroje, která se používá pro přesné vystředění plechového pásu v nástroji. Jedná se převážně o středění pásu pomocí vystřižených děr v některém z předchozích kroků, za použití hledáčku.

Středění pásu dělíme:

- Přímé – středící otvor se vystřihne přímo do součásti
- Nepřímé – středící otvor se vystřihne do části odpadové

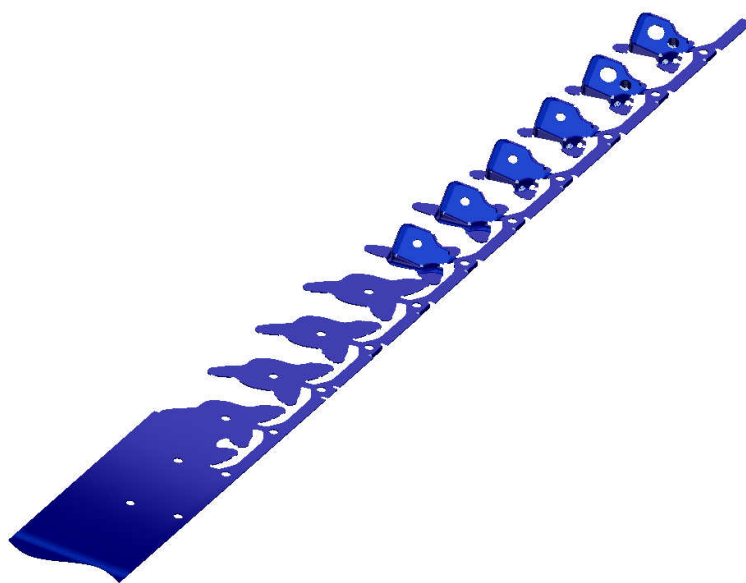
5.13 Pružiny

Pružiny mají v postupových nástrojích své nezaměnitelné místo. Slouží například jako vyhazovače, strhovače nebo jako odpérovací vedení. Často slouží také k přidržení materiálu u nástrojů tažných a ohýbacích. Pro správnou funkci pružin je však nutné dodržovat určité zásady. Pružiny by měly v nástroji být upevněny vhodným způsobem vzhledem ke konstrukci nástroje, měly by se volit pružiny žádaného tlaku a neměly by se v nástroji nadměrně stlačovat. Občas se můžeme setkat také s pružinami gumovými, které jsou velice levné a mají dostatečný strhovací tlak. [4]

5.14 Nástřihový plán

Se stříháním je u postupových lisovacích nástrojů úzce spjata také tvorba správného nástřihového plánu. Správné rozmístění rozvinutých výlisků na pás plechu je velmi důležité, protože materiál tvoří zhruba 60 až 75% celkových nákladů. Je proto vhodné nástřihový plán zhotovit co nejekonomičtěji se zachováním jistých pravidel pro jeho tvorbu. Takové pravidlo je například to, že poměr ohybu ke směru vláken nesmí být menší, než 30° přes vlákna. [4]

Nedílnou součástí hromadné výroby je také odpad, který je dobré minimalizovat. V dnešní době již na tvorbu nástřihových plánů existuje řada počítačových programů, mezi něž patří například Cimatron E z produkce izraelské firmy, který umožňuje řešení postupového nástroje jako celku od poptávky, přes konstrukci až po obrábění. Součástí tohoto programu je také modul pro návrhy nástřihů u tvarově složitých součástí. [5]



Obr. 4 Nástřihový plán výlisku

5.14.1 Výpočet využití materiálu

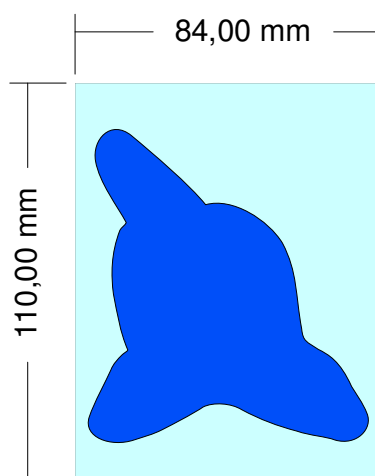
Procentuální vyjádření využití plechu je možné spočítat ze vztahu:

$$\frac{\text{využití}}{\%} = \frac{S_v}{S_{pl}} \times 100$$

kde je:

S_v Plocha výstřižku [mm²]

S_{PL} Plocha polotovaru [mm²]



Obr. 5 Zobrazení využití materiálu při jednom kroku

Hodnota obsahu rozvinutého tvaru součásti byla zjištěna pomocí programu AutoCAD.

$$\frac{\text{využití}}{\%} = \frac{3735}{9240} \times 100 = 0,4 = 40\%$$

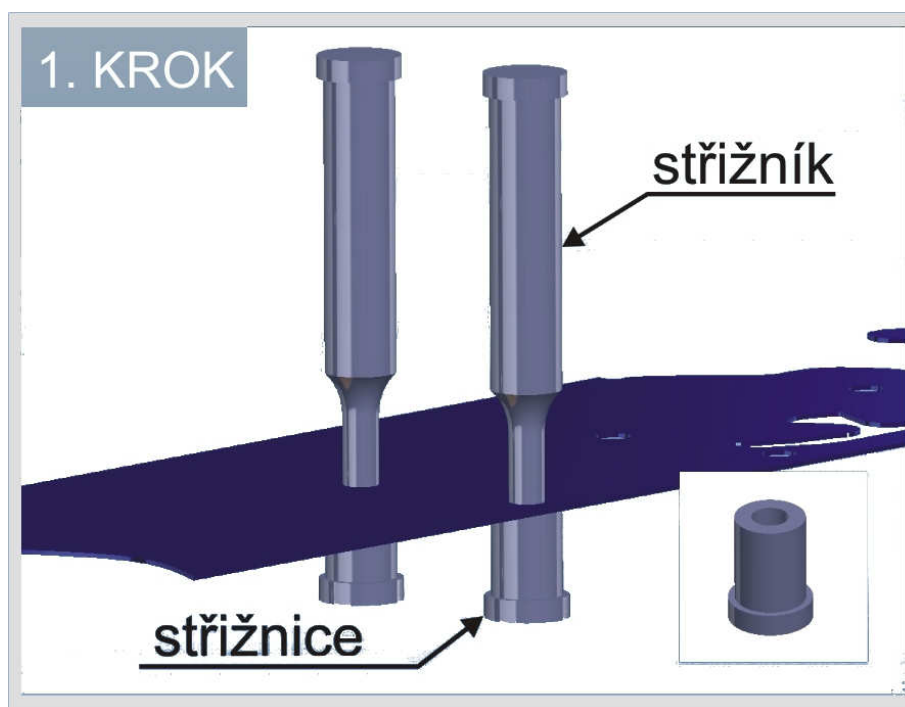
Technologický odpad v tomto případě vychází na 60% z polotovaru. Lepší optimalizace nástřihového plánu zde není možná z důvodu technické náročnosti výlisku a potřebě 12ti kroků v nástroji pro jeho zhotovení. Nástroj je navíc omezen rozměry stolů zadaných lisů. Pokud by se například uvažovalo nad využitím odpadu ve vrchní části u rozvinutého tvaru výlisku na nástřihovém plánu, musela by se druhá součást leda otočit o 180°, aby se odpad materiálu lépe využil. To by ale znamenalo prodloužení jednoho pracovního kroku nástroje na dvojnásobnou délku při zachování stejné šíře polotovaru. Tím pádem by i výsledná délka nástroje byla dvojnásobně dlouhá, což by nesplňovalo zadané požadavky.

6. OPERACE V POSTUPOVÉM NÁSTROJI

Zadaný postupový nástroj byl rozdělen na 12 výrobních kroků, včetně 3 kroků s volnou pozicí dle přání zákazníka.

6.1 Krok 1 – Děrování a značení

V prvním kroku jsou střížnou operací (děrování) vystřiženy do polotovaru dva kulaté otvory průměru 8,2 mm. První otvor slouží jako středící díra pro výstřižek. Pomocí středícího kolíku zasunutého do díry ve výstřižku, dojde k jeho přesnému ustavení v nástroji. Stejnou funkci má i druhá díra, do níž zapadne hledáček ukotvený ve vodící desce, který přesně vystředí posouvající se pás v nástroji.



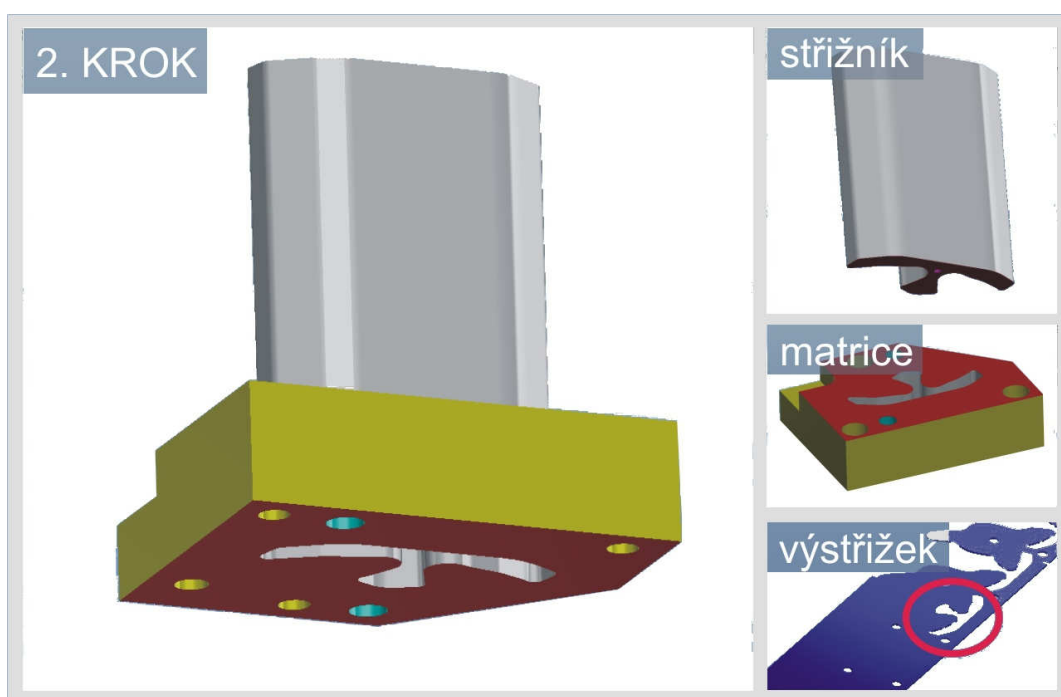
Obr. 6 Krok 1 - střížník a střížnice

Značení výlisku bylo se zákazníkem dohodnuto ve formě 8 číslic (příklad: 05113337, kde 05 značí týden v roce, 11 zkráceně rok 2011 a 3337 označuje výrobek dle dohody)

V prvním kroku se však razí pouze první 4 číslice, které značí týden a rok.

6.2 Krok 2 – Stříh 1

Ve druhém kroku se provádí první stříh části rozvinutého tvaru. Střížník a střížnice (matrice) musí být vyrobeny z kvalitní nástrojové oceli, z důvodu eliminování nadměrného opotřebení vlivem stříhání. Střížník a matrice jsou v tomto případě navrženy z nástrojové oceli 1.2379.

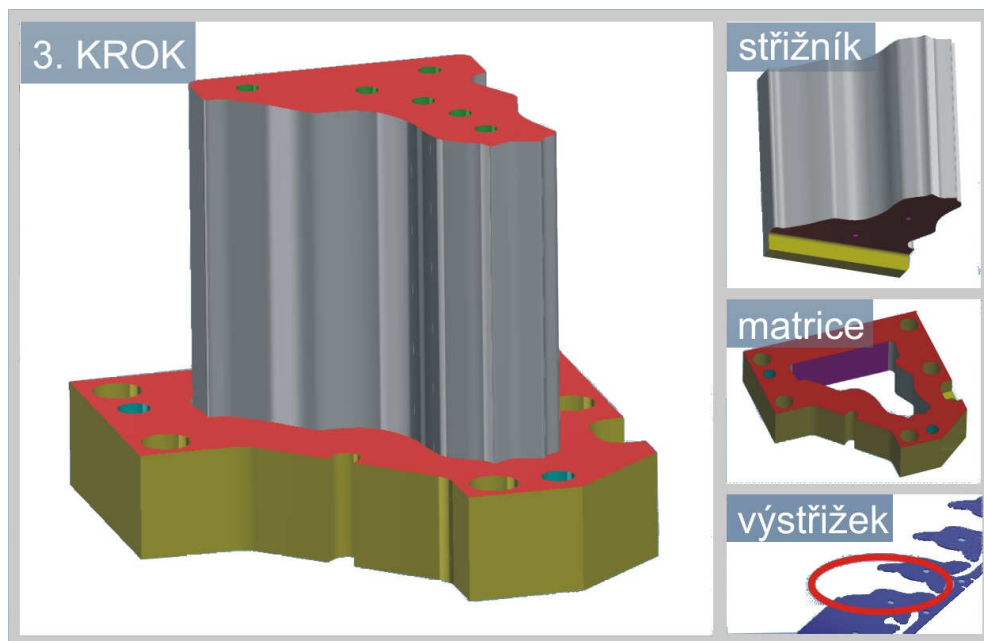


Obr. 7 Krok 2 - střížník a matrice

Stříhání materiálu je charakterizováno jako oddělování částic materiálu stříhadly podél křivky stříhu. V první fázi stříhání dochází k pružné deformaci stříhaného materiálu, u kterého vnik střížníku do stříhaného materiálu závisí na mechanických vlastnostech materiálu a pohybuje se v řádech 5 až 8 %. Tento stav je typický ohybem materiálu okolo na straně střížníku (vtažení) a na straně střížnice (vytlačení). V další fázi se napětí v materiálu stane větším, než je mez pevnosti a vlivem tohoto dojde k trvalé deformaci. Střížník přitom do stříhaného materiálu vnikne zhruba do hloubky 10 až 25 %. V poslední fázi stříhu je již materiál namáhán nad mez pevnosti a vlivem toho dojde k úplnému oddělení výstřižku od materiálu. [8]

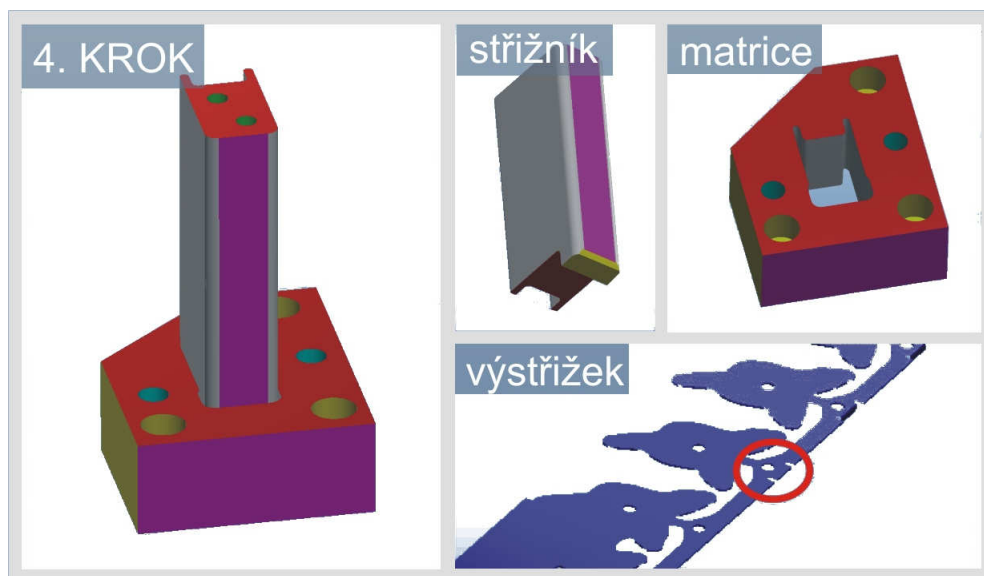
6.3 Krok 3 – Střih 2

U třetího kroku dochází k výstřihu zbývajcí části v polotovaru a výsledkem je již kompletní rozvinutý tvar výlisku. Technologický odpad musí propadnout dírou v lisu BALCONI T160 i BALCONI T250.



Obr. 8 Krok 3 - střižník a matrice

6.4 Krok 4 – Střih můstku

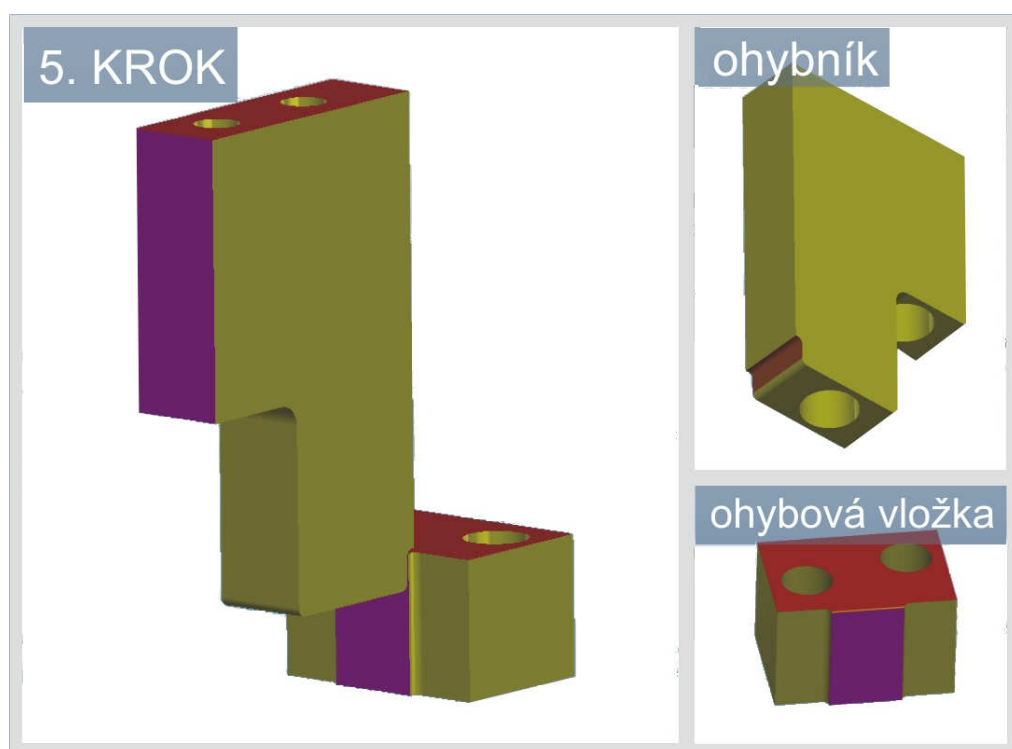


Obr. 9 Krok 4 - střižník a matrice

6.5 Krok 5 – Ohyb můstku a značení součásti

V páté pozici v nástroji dochází k ražbě zbývajících čtyřčíslicí pro zadanou součást dle specifikací zákazníka. V tomto případě jde o součást s číslem 3337.

Dochází zde také k ohybu můstku, vystřiženého v předchozí operaci pomocí ohybníku a ohybové vložky. Ohnutý můstek slouží jako doraz při posuvu materiálu v nástroji, kdy při zvednutí beranu dojde k nadzvednutí pásu a posunu o jeden pracovní krok vpřed. Při tomto posunu se pás zastaví dotykem můstku o doraz.



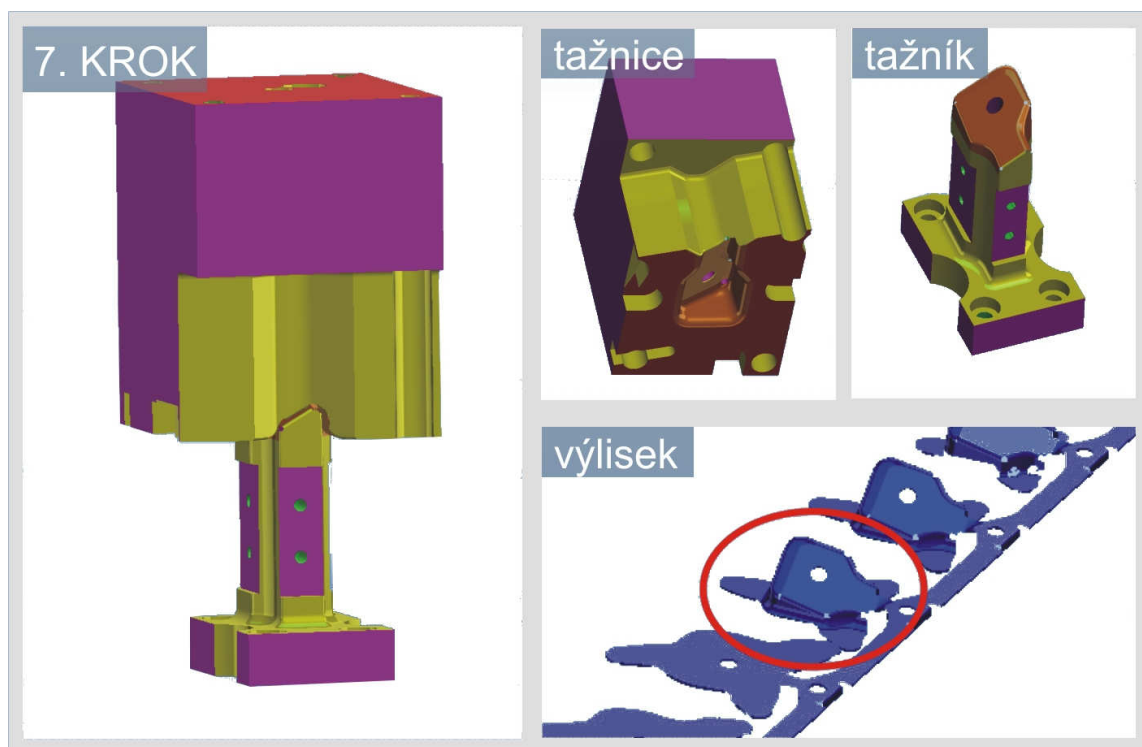
Obr. 10 Krok 5 - ohyb můstku

6.6 Krok 6 – Volná pozice

Tato pozice v nástroji je volná dle přání zákazníka. Volná pozice v nástroji dává možnost v případě potřeby doplnit nástroj o další technologickou operaci. Výstřižek se tedy přes tuto pozici pouze přesune na další krok.

6.7 Krok 7 – Tah 1

Zde dochází k prvnímu částečnému plošnému tažení v nástroji. Jako hlavní činné části jsou zde tažník a tažnice, které musí být vyrobeny z kvalitní nástrojové oceli, odolávající vysokému namáhání. Výstřižek musí být v průběhu tažení na přesné pozici, což zajišťuje středící kolík v nástroji.



Obr. 11 Krok 7 - tažník a tažnice

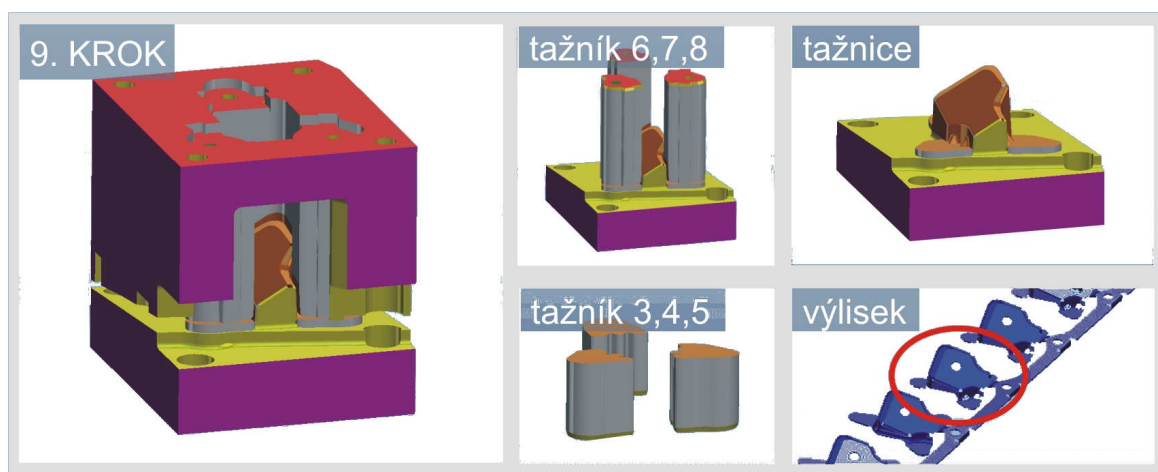
6.8 Krok 8 – Volná pozice

Zde je další volná pozice, před krokem tažení.

6.9 Krok 9 – Tah2

U této pozice dochází k protažení zbývajících částí výlisku na požadovaný tvar. Zároveň zde dochází k vylisování prolisů, což úplně eliminuje zpětné odpružení a vyztuží dosedací plochy výlisku. Celý tvářecí nástroj je v tomto případě složen z hlavní tažnice, ve které jsou umístěny tři samostatné tažníky působící na výlisek shora. Každý ze tří tažníků působí na jednu dosedací plochu výlisku.

V tažnici jsou ze spodní strany zakotveny další tři tažníky, působící na dosedací části výlisku zespodu. Toto uspořádání zajišťuje vyvinutí větší tvářecí síly ve finální části lisování, z důvodu potřeby vyššího tlaku pro zmenšení zpětného odpružení a nutnosti větší síly pro zhotovení prolisů v ohybu dosedací plochy.



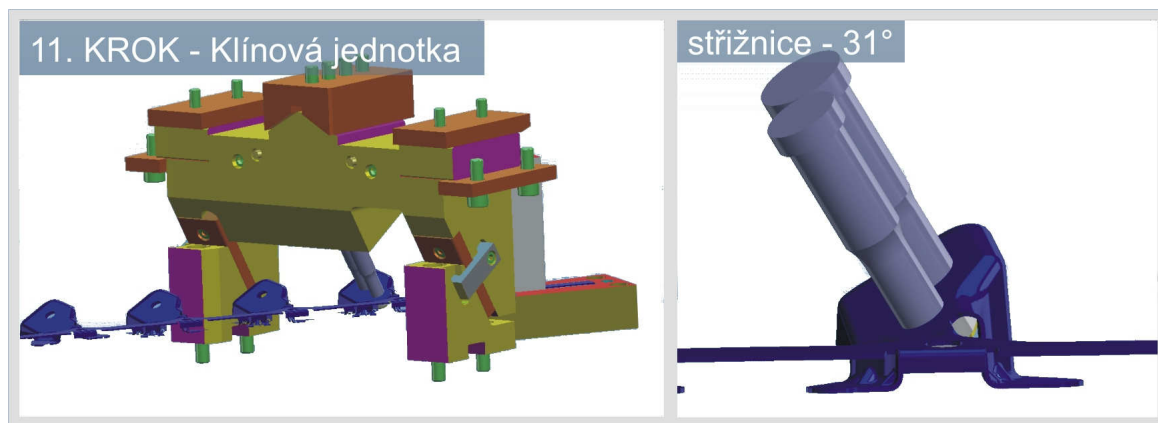
Obr. 12 Krok 9 - tah 2

6.10 Krok 10 – Volná pozice

Opět dochází k uvolnění pozice pro budoucí změny. U postupových nástrojů je vynechání pozice velmi častý jev z důvodu nepředvídatelných událostí. Nástroj se tím stává více adaptabilní a je možné jej v případě potřeby upravit či opravit.

6.11 Krok 11 – Děrování klínem

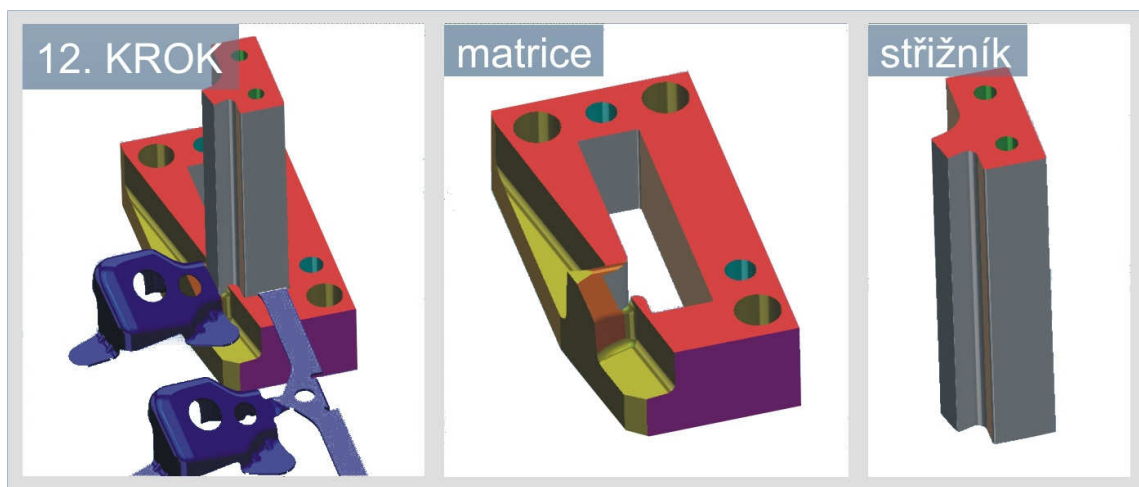
Tento krok v nástroji je poměrně komplikovaný, protože střížné operace probíhají pod sklonem 31° . Při tomto procesu dochází ke zvětšení stávající středící díry na nový finální rozměr 14,8 mm a vyhotovení druhé díry 10,1 mm. K vyhotovení je však zapotřebí speciální klínové jednotky, která zajistí správný posuv střížníku proti střížnici pod daným sklonem.



Obr. 13 Krok 11 - děrování klínem

6.12 Krok 12 – Separace výlisku

V posledním kroku dochází k ostřížení výlisku a výpadku pomocí gravitační síly ven z nástroje pomocí skluzné drážky. Výlisek je ponechán v původní pozici a k jeho odstřížení tedy dochází postupně na šikmé střížné rovině.



Obr. 14 Krok 12 - separace

7. POUŽITÉ MATERIÁLY

Postupový lisovací nástroj je složen z velkého množství součástí a každá vyžaduje samostatné posouzení, ze které oceli ji bude nejvhodnější vyrobit. Navrhnutá ocel by měla splňovat kritéria jako odolnost při namáhání, dobrou obrobitelnost nebo životnost. Při posuzování o vhodnosti oceli je důležitým kritériem při výběru také ekonomická stránka. Nejde jen o to navrhnout ocel co nejkvalitnější, ale vybrat vhodnou s vyrovnaným poměrem ceny a užitné hodnoty. Samozřejmě se zase musí dávat pozor na to, aby nebyla poddimenzována a nástroj byl po pár pracovních cyklech na vyhození.

V této kapitole jsou popsány vybrané druhy konstrukčních a nástrojových ocelí, které byly vyhodnoceny jako nejvhodnější pro zadaný nástroj. Uvádím zde také příklady, na které části byla konkrétní ocel nasazena a co z ní bylo vyrobeno.

Potřebné oceli můžeme rozdělit do dvou základních skupin podle využití. Většinou záleží na tom, zda budou z materiálu vyrobeny činné části nástroje, které přijdou přímo do styku se zpracovávaným materiálem nebo zda bude materiál využit na zajištění funkcí nástroje. V prvním případě se tedy bavíme o materiálech nástrojových a ve druhém případě se bavíme o nástrojích konstrukčních

7.1 Nástrojová ocel - 1.2379

Jedná se o chrom – molybden – vanadovou ocel, která vyniká vysokou odolností proti opotřebení, dobrou řezivostí a má velmi vysokou pevnost v tlaku. Nevýhoda této oceli je v problematické obrobitelnosti v žíhaném stavu. Velmi obtížně se například brousí. Při zvolení této oceli však dostaneme odolnost vyšší než u oceli 1.2080. Je vhodné ji použít, protože mezi její charakteristické vlastnosti patří zejména dlouhá životnost, a proto se hodí na nástroje určené pro stříhání za studena, stříhání na lisech a děrování materiálů menších tloušťek. Vhodná je také na nástroje určené k tažení či protlačování. Mimo tyto vlastnosti je ocel možné použít i na výrobu forem pro tváření plastických nebo práškových hmot, skla, porcelánu a jiného. [7]

Z této nástrojové oceli jsou proto zhotoveny jak matrice a střižnice, tak i ohybník s ohybovou vložkou a tažníky s tažnicemi.

7.2 Nástrojová ocel - 19 312

Nese označení mangan – vanadová ocel. Má velmi dobrou stálost rozměrů při tepelném zpracování a má dobrou odolnost proti opotřebení a řezivost. Tato nástrojová ocel má dobrou obrobitelnost v žíhaném stavu a dobrou tvárnost za tepla. [7]

Využívá se především pro stříhání za studena, tudíž je vhodná do všech nástrojů určených pro stříhání na lisech. Dají se s ní také děrovat materiály menších tloušťek. Její využití je velmi obdobné jako u nástrojové oceli 1.2379 popsané výše. [7]

V nástroji byla použita na kování pro ražbu číslic, domeček pro ražbu, vodící nos, přidržovače, podložky vyvážecí desky a další podobné části. [7]

7.3 Nástrojová ocel - 1.2312

Nízkolegovaná chrom – mangan – molybdenová ocel. Jedná se již o zušlechtěnou ocel, takže ji není potřeba dále tepelně zpracovávat. Vyniká dobrou obrobitelností a leštitelností. Má velmi dobrou prokalitelnost a dobrou pevnost za tepla. Díky zvýšenému obsahu síry je dobře obrobitelná v žíhaném stavu na měkko, tak i v zušlechtěném stavu. [7]

Z této oceli byly zhotoveny části jako domeček, vložka a kotevní deska.

7.4 Konstrukční ocel - 11 523

Konstrukční ocel 11 523 je nelegovaná jemnozrnná ocel vhodná pro svařovací procesy. Norma ČSN 42 1523 stanovuje požadavky na přesné chemické složení této oceli. Využívá se například pro svařované mostní konstrukce, svařované duté profily a součásti strojů, automobilů, kol a jiných produktů. [7]

Tato ocel byla vybrána jako nejvhodnější pro výrobu spodní a horní desky nástroje, desky upínací a zvedací, výztuhy, podložky, podpěry, na kotevní desku a další.

7.5 **Konstrukční ocel - 11 600**

Jde o ocel obvyklých vlastností. Obsahuje více uhlíku. Používá se tam, kde není potřeba svařování a kde musí materiál vydržet velké měrné tlaky. V takovém případě se dá použít na ozubená kola, osy, páky, čepy, objímky, pera, klíny, matice, spojky, kladky apod.
[7]

Co se týče použití v nástroji, využila se tato ocel na výrobu zarážek pružin a na pera

7.6 **Konstrukční ocel - 11 373**

Je to nelegovaná ocel, která je vhodná ke svařování ocelových konstrukcí. Vhodné použití je například na konstrukce strojů, které jsou namáhány staticky a mírně dynamicky.
[7]

Tato ocel byla zvolena pro zhotovení držáku skluzu, příložky pro ražbu, válečku a podobných součástí

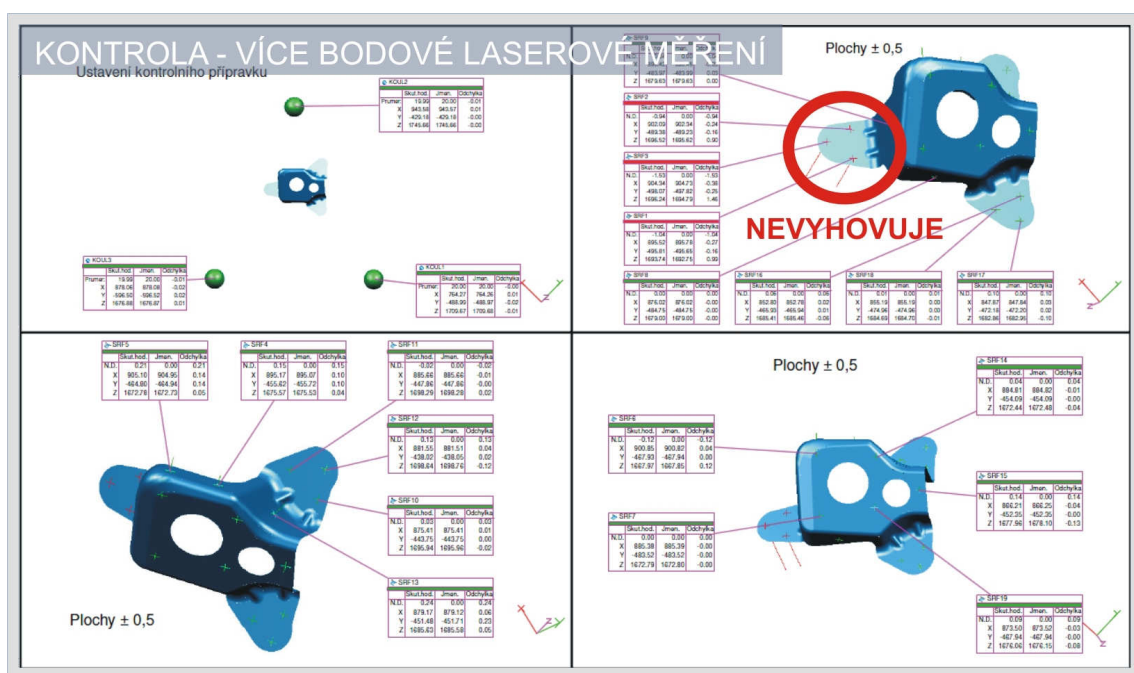
8. ZKUŠEBNÍ TEST NÁSTROJE

První ostrá zkouška nástroje proběhla v pátém týdnu roku 2011. Zkouška se prováděla v závodě KARSIT Postřelmov na lisu PYE 250T. Během testu se nevyskytla žádná mechanická komplikace, ale již pouhým okem byly na hotovém výlisku vidět technologické vady. Jednalo se převážně o přetečení materiálu nebo zvlnění stěny. Tyto jevy si vyžádaly konstrukční zásah do tažníku daného kroku.

Zkoušky s úpravami probíhaly od pátého do sedmého týdne 2011, dokud se nepodařilo vady odstranit. Poté se část testovacích výlisků odesílala do specializované měřicí firmy ve Francii na vícebodové laserové měření. Zjišťovalo se, zda rozměry výlisku souhlasí s rozměry dodanými zákazníkem.

8.1 Výsledek zkoušky a měření

Měření probíhalo na 5 kusech nezávisle na sobě a všechny měřené kusy obsahovaly stejnou chybu. Z měřicího protokolu bylo jasné, že jedna ze tří úchytných noh je vychýlená od požadované pozice.



Obr. 15 Výsledky měření

Toto zjištění vyžadovalo další mechanickou úpravu střižného nástroje, pro zhotovení nového tvaru optimálně rozvinuté součásti.

9. ČASOVÝ HARMONOGRAM

Tab. 4 Časový harmonogram

realizace	týden	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
konstrukce																					
Schválení sestavy																					
technologie																					
objednávka mat./nor.																					
Dodání mat./nor.																					
frézování konvenční																					
soustružení																					
frézování NC																					
tepelné zpr.																					
broušení rovinné																					
broušení rotační																					
řezání drátem																					
hloubení																					
montáž																					
Termín dodání materiálu																					
První laserové díly																					
zkouška																					
Díly ze 100% nástroje																					
První vzorky z nástrojárny																					
Provizorní schválení																					
Povrchová úprava																					
výroba ext.																					
expedice																					
Definitivní schválení																					



rozpracovanost



plánovaný termín



dovolená

Výroba postupového nástroje je časově velmi zdoluhavý proces. Obvykle se od návrhu až po zhotovení nástroje pohybujeme v řádech měsíců. Ve výše uvedené tabulce je uvedeno časové rozložení jednotlivých prací na výrobu postupového lisovacího nástroje zadaného v úvodu. Sloupce v tabulce značí kalendářní týdny v roce.

Zejména uprostřed tabulky, počínaje sedmým týdnem, si můžeme povšimnout, že v této době probíhá nejvíce operací současně převážně mechanického typu jako řezání, broušení, frézování, soustružení a další. Tato fáze je časově nejnáročnější a nejdůležitější při celé výrobě. Každá chyba nebo zdržení výroby nějaké části nástroje se lavinovitě promítne do dalších týdnů, což má za následek nedodržení smluvených termínů. Za to potom bývají firmy finančně penalizovány. Často se zde rozhoduje, zda bude výroba nástroje zisková či ztrátová.

10. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tab. 5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Materiál: 526 256 Kč					
904/10	2 997 Kč	zásuvky	1022/10	5 421 Kč	mat.
960/10	13 071 Kč	mat.	1030/10	9 173 Kč	mat.
973/10	5 525 Kč	mat.	006/11	12 747 Kč	normálie
974/10	2 993 Kč	šrouby	008/11	59 742 Kč	normálie
978/10	915 Kč	mat.	015/11	3 923 Kč	normálie
985/10	1 952 Kč	šrouby	026/11	2 512 Kč	mat.
987/10	25 296 Kč	kalení	197/11	1 720 Kč	zásuvky
988/10	42 Kč	mat.	050/11	3 750 Kč	mat.
1018/10	1 794 Kč	mat.	071/11	139 725 Kč	mat.
068/11	1 632 Kč	šrouby	084/11	963 Kč	normálie
089/11	42 363 Kč	pružiny	103/11	188 000 Kč	desky
98 580 Kč			427 676 Kč		
Kooperace: 158 144 Kč Kč					
943/10	79 950 Kč	výkr.dok.	externí zhotovení výkresové dokumentace a modelů		
080/11	23 007 Kč	kooperace	CNC obrábění		
028/11	6 287 Kč	kooperace	řezání pasů pro zkoušku - díly s laserovým ořezem		
029/11	7 300 Kč	kooperace	technolog.kooperace z důvodů kapacit - řezání, vrtání, frézování		
048/11	10 600 Kč	kooperace			
150/11	2 000 Kč	kooperace			
228/11	11 500 Kč	kooperace			
293/11	3 500 Kč	povlakování	povlak pro tažné části nástroje		
317/11	14 000 Kč	navarování	korekce řezné sekce po zkouškách		
158 144 Kč					
Mzdy:	prosinec 10	leden 11	únor 11	březen 11	hod.skut.
opr.povrchu	14	32,5	4		
brouš.úhlov.					
soustružení		17			
frézování	11	19,5	3		
CNC	72	142,5	32	22	
SIP	44,5	65,5			
řezačka		63,5	8	25	
hloubička		4,5			
br.na kulato		14,5			
tvar.brouš.		38,5	2	5	
kalení-žíh.	6	9			
nástrojař	7,5	122	45	62	
zkoušení		12	5	20	
hod.celkem	155	541	99	134	929
Mzdy celkem:	459 855	Kč			

Legenda:

- třískové obrábění
- elektroerozivní obrábění
- ruční práce

Skutečné náklady celkem: **1 144 255 Kč**
Prodejní cena nástroje: **1 329 240 Kč**

Jednou z velmi důležitých strategických částí výroby tohoto drahého nástroje je zhotovení kvalitní cenové nabídky, která vyžaduje důkladné a správné propočty a odhad ohledně náročnosti výroby. Při tvorbě nabídky se musí myslet na každý detail, který může v dobrém případě pozitivně a ve špatném případě negativně ovlivnit výslednou cenu. Určitě by v ceně měla být započítána finanční rezerva pro případ, že by vše nevycházelo podle původních plánů.

První část tabulky je zaměřena na ceny použitých materiálů a součástí nástroje. Jednotlivé položky jsou rozepsány a u každé je přesná nákupní cena. Z tabulky tedy vyplývá, že nejdražší položkou v kategorii materiálů je nákup polotovaru na desky nástroje. Po celkovém součtu všech materiálních výdajů se dostáváme na výdaj **526 256 Kč**.

Druhá část tabulky je zaměřena na finanční náklady spojené s kooperací s jinými firmami. Z důvodu časové tísně bylo nutné část výroby přerozdělit, aby se dodržel časový harmonogram. Zde je největší položkou zhotovení výkresové dokumentace externí firmou za cenu **79 950 Kč**. Po sečtení všech položek těchto výdajů dostáváme částku **158 144 Kč**.

V poslední, třetí části tabulky jsou vypsány jednotlivé technologické operace, které při výrobě bylo potřeba vykonat. Ke každému procesu je přiřazen časový údaj v hodinách, podle toho, kolik času zabraly v jednotlivých týdnech. Všechny výrobní časy jsou poté sečteny a vynásobeny hodinovým paušálem, stanoveným na 495 Kč / hod. Na mzdách tedy bylo vyplaceno **459 855 Kč**.

Po sečtení všech výše popsaných položek dostáváme celkové náklady výroby v hodnotě **1 144 255 Kč**. Původní cenová nabídka, která byla zaslána firmou KARSIT odběrateli, byla na částku **53 000 €**, což při tehdejším kurzu **25,08 Kč** za **1 €** dělá **1 329 240 Kč**. Po odečtení všech nákladů od ceny nástroje dostáváme čistý zisk **184 985 Kč**. Výroba tohoto postupového nástroje byla tedy zisková. Případná ztráta, obzvláště v době krize, může být pro takové firmy likvidační nebo jim může v lepším případě způsobit existenční problémy.

11. DOPORUČENÝ SOFTWARE

Byl jsem velmi překvapen, když mi vedoucí ve firmě sdělila, že nepoužívají žádný software pro analýzu vyráběných nástrojů a pokud analýza potřeba je, nechávají si ji draze zhotovit externí firmou. CAD/CAM systém, které převážně používají, je Pro Engineer. Já bych však doporučil investici do specializovaného systému, jako je například řešení od izraelské firmy CIMATRON Ltd. V současné době je firma odkázána na znalosti a zkušenosti zaměstnanců a vynakládá nemalé finanční prostředky také na zpracování výkresové dokumentace externí firmou. Investice do navrhovaného řešení by znamenala, že by byla firma schopna díky jednomu komplexnímu programovému řešení zpracovat zakázku od poptávky, přes návrh a konstrukci, až po samotnou výrobu nástroje. Přitom by se vynaložené finanční prostředky na zpracování těchto dat jinou firmou, mohly investovat do pořízení licence a návratnost by v případě výroby dvou až tří nástrojů měsíčně mohla být do několika měsíců.

11.1 Cimatron E

Jedná se o kompletní programové řešení CAD/CAM systému, který byl speciálně vyvinut pro vývoj postupových nástrojů na tváření plechů, vstřikovacích forem na plasty apod. Stručně tedy můžeme tento program charakterizovat jako moderní integrované řešení pro firmy, zabývající se výrobou tvářecích nástrojů. Dnes v Česku tento software úspěšně používají firmy jako:

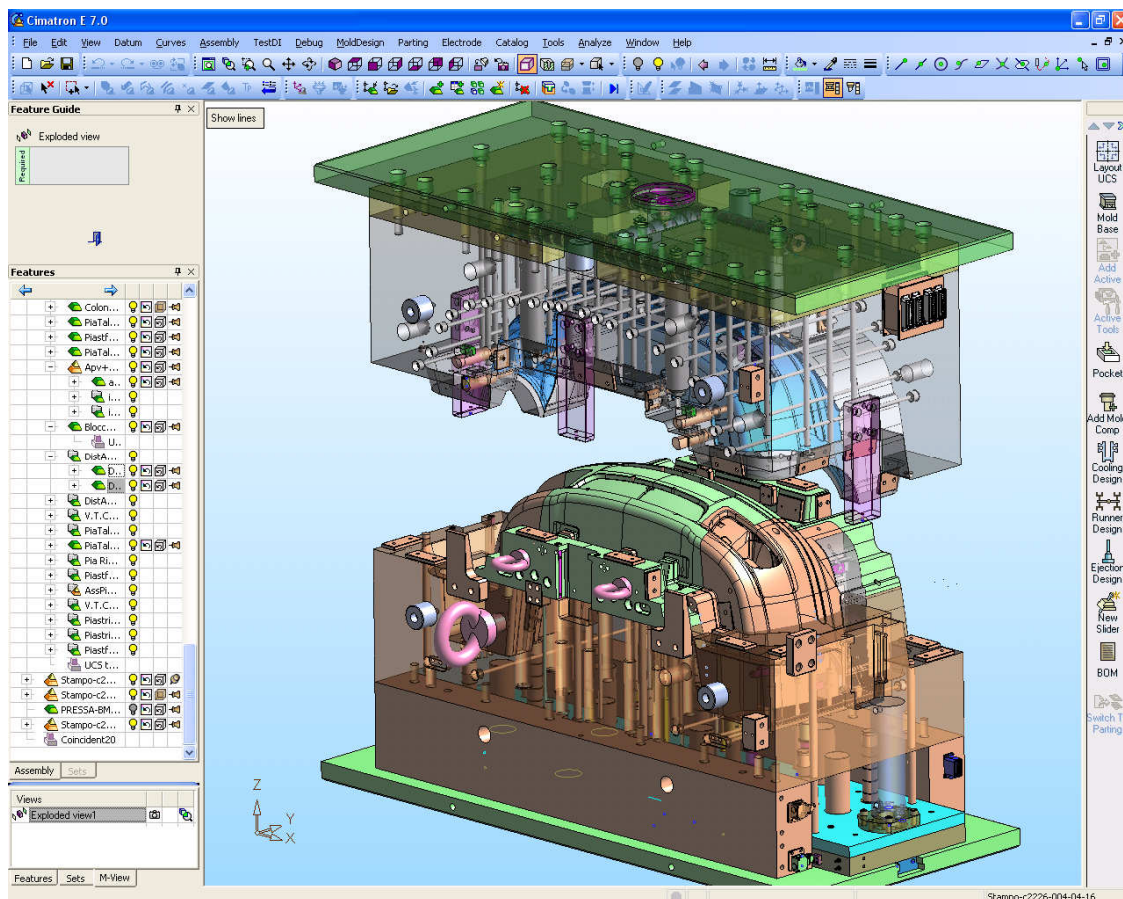
- Narex Bystřice, ZPS Slévárna, KASKO-Formy, Elmarco, Klein&Blažek, aj.

CIMATRON E najde uplatnění i v tom případě, kdy přijde zákazník s konečným výrobkem a požaduje k němu vyrobit tvářecí nástroj. V takovém případě software nabízí bohatou škálu podporovaných datových formátů na přenesení modelu (DXF, DWG, IGES, STEP, CATIA, aj.).

Tento program obsahuje také výborné funkce na návrh lisovacích postupových nástrojů. Konkrétně třeba pro rozvin plechového dílu, který využívá znalostí fyzikálních vlastností materiálů a při analýze používá metodu konečných prvků.

Považuji takový software jako klíčový pro firmy, zabývající se převážně výrobou tvářecích nástrojů. Z hlediska ekonomického i produktivního hraje při lisování analýza velmi důležitou roli, která může odhalit případná úskalí, jež se mohou v procesu tváření vyskytnout. Tím se dá velmi jednoduše vyvarovat trhlinám a jiným vadám, kterých bychom si jinak všimli až po výrobě prvních kusů.

„Přesnost, se kterou CimatronE zpracovává data a poskytuje výsledky, je velmi vysoká. Toto nám potvrdilo reálné nasazení v naší konstrukci postupových nástrojů – návratnost investice do tohoto software je velmi rychlá.“ [9]



Obr. 16 Ukázka programu Cimatron E

12. ZÁVĚR

Pro zadaný výrobek byl navržen a zkonstruován 12-ti krokový postupový lisovací nástroj, jehož jednotlivé kroky a operace jsou podrobně popsány v této práci. Výroba výlisků bude probíhat plně automatizovaně v třísměnném provozu. Proto bylo při návrhu konstrukce potřeba brát v úvahu, že nástroj musí být zhotoven z kvalitních materiálů tak, aby vydržel vysoké pracovní nasazení a byl plně kompatibilní s lisem BALCONI T160 a BALCONI T250. Nástroj na jeden pracovní zdvih vyrobí jeden hotový výlisek.

Práce je převážně zaměřena na rozbor technologie postupového lisování a na konstrukčně technologický návrh nástroje. Obsahuje však také časový harmonogram vývoje a výroby včetně technicko-ekonomického zhodnocení. Časový harmonogram se dařilo dodržovat i přes nutnost úpravy nástroje, které bylo potřeba vykonat po obdržení výsledků z měření po prvním ostrém testu. Výlisek v té době vykazoval nepříjemné hodnoty na jedné jeho dosedací noze, které se oproti zadaným hodnotám lišily. Cena nástroje byla stanovena na 53 000 €, přičemž výrobní náklady tuto částku nepřesáhly a výroba byla zisková.

Jako jedno z možných doporučení bych navrhl investici do CAD/CAM systému CIMATRON E. Vzhledem k výrobě náročných postupových nástrojů v řádech milionů Kč bych přínos a návratnost viděl hlavně v možnosti zhotovování vlastních analýz a simulací konkrétních nástrojů ještě před výrobou a možnosti zpracování kompletní zakázky od nabídky, přes modelování a vývoj, až po zmíněnou analýzu a jistotu, že nástroj bude zhotoven správně. Tento software umožňuje také optimalizovanou tvorbu nástřihového plánu. I přes vyšší pořizovací cenu je dle mého názoru pro firmu takových rozměrů rozhodně přínosem.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Směr vláken v materiálu. na osu ohybu.....	15
Obr. 2 Lis PYE 250T	17
Obr. 3 Návin pásu plechu	18
Obr. 4 Nástřihový plán výlisku.....	22
Obr. 5 Zobrazení využití materiálu při jednom kroku	23
Obr. 6 Krok 1 - střížník a střížnice	24
Obr. 7 Krok 2 - střížník a matrice	25
Obr. 8 Krok 3 - střížník a matrice	26
Obr. 9 Krok 4 - střížník a matrice	26
Obr. 10 Krok 5 - ohyb můstku.....	27
Obr. 11 Krok 7 - tažník a tažnice.....	28
Obr. 12 Krok 9 - tah 2.....	29
Obr. 13 Krok 11 - děrování klínem.....	30
Obr. 14 Krok 12 - separace	30
Obr. 15 Výsledky měření.....	34
Obr. 16 Ukázka programu Cimatron E.....	39

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Základní druhy střížných operací	13
Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli.....	18
Tab. 3 Složení oceli	18
Tab. 4 Časový harmonogram.....	35
Tab. 5 Technicko-ekonomické zhodnocení	36

LITERATURA

- [1] KOTOUČ, Jiří. *Nástroje pro tváření za studena* [online]. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1978. Dostupný z WWW:
< http://www.strojar.com/upload/skripta/NVPO_nastroje_pro_tvareni.pdf>
- [2] LUBRICANT s.r.o. – prodej olejů a maziv [online]. [2011] Dostupný z WWW:
<<http://www.lubricant.cz/index.php/cs/produkty/bechem/technika-tvareni/objemove-tvareni-za-studena>>
- [3] Technická univerzita Liberec – Technologie II – Technologie plošného tváření [online]. [2011] Dostupný z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm>
- [4] ZÁVESKÝ, M.; TIŠNOVSKÝ, M. *Lisovací nástroje v praxi*. Praha: Vydavatelstvo ROH – Práce – vydavatelství knih, 1952. 287 s.
- [5] MM Spektrum [online]. [2011] [cit. 2008-10-08]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/nove-moznosti-navrhu-nastrihu-pro-postupove-nastroje>>.
- [6] ALFUN. *Žárově pohliníko-křemíková ocel*. [online]. [2011]. Dostupný z WWW:
< <http://www.alfun.cz/ocel-zarove-pohliniko-kremikovana-ocel-alusi.html>>
- [7] JKZ Bučovice a.s.. *Produkty*. [online]. [2011]. Dostupný z WWW:
< <http://www.jkz.cz/cs>>
- [8] KLŮNA, J. *Lisování*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1971. 544 s.
- [9] Klein & Blažek spol. s r.o. [online]. [2011]. Dostupný z WWW:
<<http://www.t-support.cz/extras/die.pdf>>

SEZNAM PŘÍLOH

A	Pohled na spodní část nástroje	44
B	Pohled na vrchní část nástroje	45

A Pohled na spodní část rozpůleného nástroje



B Pohled na vrchní část rozpůleného nástroje

